เอกสารอ้างอิง

1. Arthur H. Nilson. "Light Gage Steel Shell Roofs", World Conference on Shell Structures National Academy of Sciences-National Research Council Publication No. 1187, 1964, pp. 124-126.
2. Bertero V. and John Choi."Chemically Presstressed Concrete Hyperbolic Paraboloid Shell Model", World Conference on Shell Structures National Academy of Sciences-National Research Council Publication No. 1187, 1964, pp. 145-158.
3. C.W. Yu and Ladislav B. Kriz."Test of A Hyperbolic Paraboloid Reinforced Concrete Shell", World Conference on Shell Structures National Academy of Sciences-National Research Council Publication No. 1187, 1964, pp. 261-274.
4. Don O. Brush and Bo O. Almroth."Buckling of Bars, Plates, and Shells" McGraw-Hill, 1975, pp. 100-103.
5. Flugge W."Stresses in Shells", Berlin: Springer-Verlag, 1973.
6. Kenneth M. Leet."Study of Stability in the Hyperbolic Paraboloid", Proceeding of the ASCE Journal of the Engineering Mechanics Division V-92, EM1, Feb., 1966, pp. 121-142.
7. Kraus, H. "Thin Elastic Shells", John Wiley and Sons, 1967.
8. Pasala Dayaratnam and Kurt H. Gerstle."Buckling of Hyperbolic Paraboloids", World Conference on Shell Structures National Academy of Sciences-National Research Council Publication No. 1187, 1964, pp. 289-296.
9. Ramasawamy G.S."Design and Construction of Concrete Shell Roofs", New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd., 1968.

10. Stephen P. Timoshenko."Theory of Elastic Stability", McGraw-Hill, 1961, pp. 379-384.

11. W.C. Schnorbrich."Analysis of Hyperbolic Paraboloid Shells",Concrete Thin Shell, Publication SP-28, 1971, pp. 292-293.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

การหาโมเมนต์รีซัลแต้นท์, สเตรสรีซัลแต้นท์และดิสเพลสเมนท์

ในการหาโมเมนต์รีซัลแต้นท์, สเตรสรีซัลแต้นท์และดิสเพลสเมนท์ของเปลือกบางแบบตื้นรูปไฮปาร์ก็สามารถหาได้โดยการแทนสมการของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและดิสเพลสเมนท์ทั้งสองสมการ (2.1) และ (2.2) ลงในสมการของสเตรสรีซัลแต้นท์ (2.4) จะได้

$$N_{ij} = K\{\nu(u_{k,k} - z_{,kk}w)\delta_{ij} + (1-\nu)\{\frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{i,i}) - z_{,ij}w\}\}$$

และแทน N_{ij} ลงในสมการของการสมดุลย์ของเปลือกบางที่เปลี่ยนรูปไปแล้ว (2.9) จะได้

$$\nu(u_{k,kj} - z_{,kkj}w - z_{,kk}w_{,j})\delta_{ij} + (1-\nu)\{\frac{1}{2}(u_{i,jj} + u_{j,ij}) - z_{,ijj}w - z_{,ij}w_{,j}\} = 0 \quad (1)$$

จากสมการ (1) ทำเป็นสมการดิฟเฟอร์เรนเชียล 2 สมการคือ

$$u_{1,11} + \frac{(1-\nu)}{2}u_{1,22} + \frac{(1+\nu)}{2}u_{2,12} - \{(z_{,11} + \nu z_{,22})w\}_{,1} - (1-\nu)(z_{,12}w)_{,2} = 0 \quad (2)$$

$$u_{2,22} + \frac{(1-\nu)}{2}u_{2,11} + \frac{(1+\nu)}{2}u_{1,12} - \{(z_{,22} + \nu z_{,11})w\}_{,2} - (1-\nu)(z_{,12}w)_{,1} = 0 \quad (3)$$

หรือจากสมการ (2) และ (3) เขียนใหม่เป็น

$$L_1(u_1) + L_2(u_2) = \{(z_{,11} + \nu z_{,22})w\}_{,1} + (1-\nu)(z_{,12}w)_{,2} \quad (4)$$

$$L_2(u_1) + L_3(u_2) = \{(z_{,22} + \nu z_{,11})w\}_{,2} + (1-\nu)(z_{,12}w)_{,1} \quad (5)$$

โดยที่โอเปอเรเตอร์ (operator) $L_1(\ ) = (\ )_{,11} + \frac{(1-\nu)}{2}(\ )_{,22}$

$$L_2(\ ) = \frac{(1+\nu)}{2}(\ )_{,12}$$

$$L_3(\ ) = \frac{(1-\nu)}{2}(\ )_{,11} + (\ )_{,22}$$

โอเปอเรท (operate) สมการ (4) ด้วย $L_3(\ )$ และโอเปอเรทสมการ (5) ด้วย $L_2(\ )$ แล้วลบกันได้

$$(L_1L_3 - L_2^2)u_1 = L_3\left[\{(z_{,11} + \nu z_{,22})w\}_{,1} + (1-\nu)(z_{,12}w)_{,2}\right] - L_2\left[\{(z_{,22} + \nu z_{,11})w\}_{,2} + (1-\nu)(z_{,12}w)_{,1}\right] \quad (6)$$

โอเปอเรทสมการ (5) ด้วย $L_1(\ )$ และโอเปอเรทสมการ (4) ด้วย $L_2(\ )$ แล้วลบกันได้

$$(L_1L_3 - L_2^2)u_2 = L_1\left[\{(z_{,22} + \nu z_{,11})w\}_{,2} + (1-\nu)(z_{,12}w)_{,1}\right] - L_2\left[\{(z_{,11} + \nu z_{,22})w\}_{,1} + (1-\nu)(z_{,12}w)_{,2}\right] \quad (7)$$

และ $(L_1L_3 - L_2^2)(\ ) = \frac{1-\nu}{2}\nabla^4(\ )$

จากคุณสมบัติของเปลือกบางแบบตื้นรูปไฮปาร์จะมีสมการพื้นผิวเป็น

$$z = kxy$$

โดยที่ $z_{,xx} = z_{,yy} = 0$

$$z_{,xy} = k$$

ดังนั้นจากคุณสมบัติของเปลือกบางแบบตื้นรูปไฮปาร์กับสมการ (6) และ (7) จะได้

$$\nabla^4 u_1 = 2k(w_{,222} - \nu w_{,112}) \quad (8)$$

$$\nabla^4 u_2 = 2k(w_{,111} - \nu w_{,122}) \quad (9)$$

และจะทำเป็นสมการของโมเมนท์รีซัลแต้นท์ (2.3) และสมการของสเตรสรีซัลแต้นท์ (2.4) ได้

$$M_{11} = -D(w_{,11} + \nu w_{,22})$$

$$M_{22} = -D(w_{,22} + \nu w_{,11})$$

$$M_{12} = -D(1-\nu)w_{,12}$$

$$N_{11} = K(u_{1,1} + \nu u_{2,2}) = 2kEh\nabla^{-4}w_{,1222}$$

$$N_{22} = K(u_{2,2} + \nu u_{1,1}) = 2kEh\nabla^{-4}w_{,1112}$$

$$N_{12} = K(1-\nu)\left(\frac{1}{2}(u_{1,2} + u_{2,1}) - kw\right) = -2kEh\nabla^{-4}w_{,1122}$$

หรือเขียนให้อยู่ในระบบแกน x และ y ได้คือ

$$u = 2k\nabla^{-4}(w_{,yyy} - \nu w_{,xxy})$$

$$v = 2k\nabla^{-4}(w_{,xxx} - \nu w_{,xyy})$$

$$M_{xx} = -D(w_{,xx} + \nu w_{,yy})$$

$$M_{yy} = -D(w_{,yy} + \nu w_{,xx})$$

$$M_{xy} = -D(1 - \nu)w_{,xy}$$

$$N_{xx} = 2kEh\nabla^{-4}w_{,xyyy}$$

$$N_{yy} = 2kEh\nabla^{-4}w_{,xxxy}$$

$$N_{xy} = -2kEh\nabla^{-4}w_{,xxyy}$$

โดยที่ ∇^{-4} เป็นโอเปอเรเตอร์ซึ่งทำให้ $\nabla^4(\nabla^{-4}w) = w$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

วิธีของกาเลอกิน

การแก้สมการดิฟเฟอร์เรนเชียล โดยใช้วิธีของกาเลอกินเป็นวิธีการหาค่าโดยประมาณ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. สมมติฟังก์ชั่นของดีเฟล็คชั่นที่สอดคล้องกับสภาพของขอบทั้งหมด ถ้าฟังก์ชั่นที่เราสมมติขึ้นเป็นคำตอบที่แน่นอนแล้ว จากสมการของการโก่งงอ เราจะได้

$$\nabla^8 w + \gamma w_{,xxyy} - k_{xy} \nabla^4 w_{,xy} = 0 \qquad (1)$$

แต่โดยทั่วไปฟังก์ชั่นที่สมมติ อาจจะไม่สอดคล้องเงื่อนไขที่ขอบของเปลือกบางทั้งหมด ในที่นี้จะสมมติให้

$$w = \sum_{m}^{\infty} \sum_{n}^{\infty} A_{mn} \phi_{mn}(x,y) \qquad (2)$$

ซึ่งไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ขอบของเปลือกบางทั้งหมด ดังนั้นจะมีค่าผิดพลาดเกิดขึ้นคือ $\delta_{mn}(x, y)$ นั่นก็คือ

$$\nabla^8 w + \gamma w_{,xxyy} - k_{xy} \nabla^4 w_{,xy} = \delta_{mn}(x,y) \qquad (3)$$

2. ทำให้ค่าผิดพลาด $\delta_{mn}(x,y)$ น้อยที่สุดโดยวิธีการออร์โธโกนอล (orthogonalization) เทียบกับชุดของฟังก์ชั่นเดิมที่ตั้งขึ้นคือ

$$\iint \delta_{mn}(x,y)\phi_{ij}(x,y)dxdy = 0 \qquad \begin{matrix} i = 1,...m \\ j = 1,...n \end{matrix} \qquad (4)$$

ซึ่งก็คือ

$$\iint \{\nabla^8 w + \gamma w_{,xxyy} - k_{xy} \nabla^4 w_{,xy}\}\phi_{ij}(x,y)dxdy = 0 \qquad (5)$$

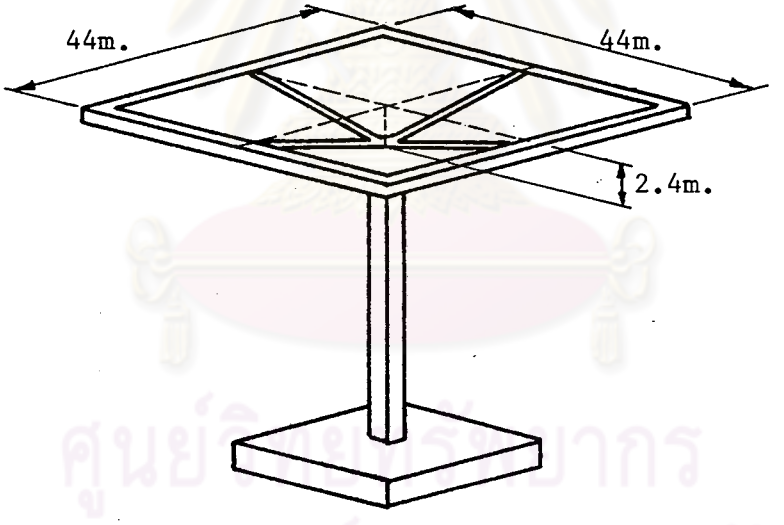
เมื่ออินติเกรตสมการ (5) จะได้สมการทางพีชคณิต $m \times n$ สมการ และมีตัวไม่ทราบค่า $A_{mn} = m \times n$ ตัว ซึ่งจะสามารถหาค่าได้จากการแก้สมการดีเทอร์มิเนนท์

ภาคผนวก ค.

ตัวอย่างการคำนวณ

เพื่อแสดงให้เห็นถึงการใช้ประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงได้แสดงวิธีการเช็คค่า - การโก่งงอของเปลือกบางจากกราฟที่แสดงไว้ให้ โดยสมมติให้ปัญหามีดังนี้คือ

หลังคาเปลือกบางแบบตื้นรูปไฮปาร์ มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดกว้างและยาว 44 เมตร ส่วนที่โก่งลง 2.4 เมตร หนา 8 เซนติเมตร อยู่ภายใต้แรงที่กระจายออกไปอย่างสม่ำเสมอต่อพื้นที่ภาพฉาย 2.5 kN/m^2, $\nu = 0.15$, $E = 13.8\ GN/m^2$ (เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก)



รูปที่ 11 แสดงหลังคาเปลือกบางที่คำนวณ

การคำนวณทำได้โดยแบ่งเปลือกบางออกเป็นสี่ส่วน โดยแต่ละส่วนจะมีขนาด 22 × 22 เมตร แล้วใส่แกน x และ y ที่ขอบของเปลือกบางโดยจากรูปคิดว่าเปลือกบางมีการรองรับที่ขอบแบบธรรมดา (simply supported)

จากบทที่ 3 $$q^* = \frac{qa^4}{DC} \qquad (1)$$

$$q = 2.5 \quad kN/m^2$$

$$a = 22 \quad m$$

$$c = 2.4 \quad m$$

$$h = 8/100 = 0.08 \quad m$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} = \frac{13.8 \times 10^9 \times (0.08)^3}{12\left(1-(0.15)^2\right)}$$

$$= 602352.94 \quad N\text{-}m$$

$$\therefore \quad q_1^* = \frac{2.5 \times 10^3 \times 22^4}{602352.94 \times 2.4} = 405.105$$

จากกราฟรูปที่ 9 ที่ $\frac{c}{h} = 30$, $\beta = 1.0$ จะได้ $q^* = 526.31$

แต่ q^* ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่า q^* ที่ได้จากกราฟมาก ดังนั้นแสดงว่าจะไม่เกิดการโก่งงอขึ้น ฉะนั้นจะหาขนาดของเปลือกบางที่ใหญ่ที่สุดที่จะทำให้เกิดการโก่งงอจาก

$$a = \sqrt[4]{\frac{q^* DC}{q}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{526.31 \times 602352.94 \times 2.4}{2.5 \times 10^3}}$$

$$= 23.488 \quad m$$

เปลือกบางที่มีรูปเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสตามปัญหาโจทย์ข้างต้นจะเกิดการโก่งงอได้ต่อเมื่อมีความยาวของด้านแต่ละด้านยาวด้านละ 23.488 m. ในทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติควรเผื่อค่าของ q^* ไว้โดยให้ลดลงจากกราฟอย่างน้อย 50% ดังนั้นในที่นี้จะลดลง 55% จะได้ $q_2^* = 289.47$ ดังนั้นในทางปฏิบัติแล้วเปลือกบางตามปัญหาโจทย์นี้จะเกิดการโก่งงอ เพราะ $q_1^* > q_2^*$ ดังนั้นจะหาขนาดที่ใหญ่ที่สุดที่จะทำให้เกิดการโก่งงอในทางปฏิบัติคือ

$$a = \sqrt[4]{\frac{289.47 \times 602352.94 \times 2.4}{2.5 \times 10^3}}$$

$$= 20.226 \quad m$$

เปลือกบางที่จะใช้ในทางปฏิบัติตามปัญหาโจทย์นี้จะต้องมีขนาด $a < 20.226$ m. จึงจะไม่ทำให้เกิดการโก่งงอ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

โปรแกรมคอมพิวเตอร์และวิธีการใช้

การคำนวณในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM 370/138 ของศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การคำนวณทำโดยการแก้สมการดีเทอร์มิเนนท์ขนาด 9x9 และ 10x10 แล้วทำให้อยู่ในรูปสมการโพลีโนเมียล แล้วจึงทำการหารากสมการด้วยวิธีนิวตันอิเทอเรชั่นและไบเซกชั่น ก็จะได้รากของสมการซึ่งก็คือค่าของ q^* นั่นเอง

สำหรับการคำนวณดีเทอร์มิเนนท์ขนาด 9x9 นั้นเหมาะสำหรับเปลือกบางที่มีขนาดที่ใกล้ๆ จะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสคืออยู่ในช่วง $0.5<\beta<1.0$ เวลาที่ใช้ในการคำนวณสำหรับโปรแกรมนี้จะใช้เวลาประมาณ 2.7 วินาทีต่อหนึ่งค่า สำหรับดีเทอร์มิเนนท์ขนาด 10x10 นั้นเหมาะสำหรับเปลือกบางที่มีขนาดยาวมากๆ คืออยู่ในช่วง $0.2<\beta<0.5$ สำหรับโปรแกรมนี้ใช้เวลาในการคำนวณมากและหน่วยความจำของเครื่องไม่เพียงพอจึงต้องทำการแบ่งโปรแกรมออกเป็นสองส่วน คือส่วนแรกทำการคำนวณชุดเปอมูเตชั่น (permutation) แล้วนำข้อมูลลงเก็บไว้ในเทปซึ่งใช้เวลาประมาณ2 ชั่วโมง 30 นาที ส่วนที่สองทำโดยอ่านค่าเปอร์มูเตชั่นจากเทปมาคำนวณหาค่า q^* สำหรับโปรแกรมนี้ใช้เวลาในการคำนวณประมาณ 28.04 วินาทีต่อหนึ่งค่า

โปรแกรมที่จะแสดงต่อไปนี้มีสัญญลักษณ์ที่ใช้แทนความหมายของสมการในบทที่ 3 ดังนี้คือ

ALFA = α	OI = i
BETA = β	OJ = j
CH = c/h	OM = m
X = q^*	ON = n

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณแบ่งออกเป็นสองโปรแกรมคือ ที่ดีเทอร์มิเนนท์ขนาด 9x9 ใช้สำหรับ $0.5<\beta<1.0$ และที่ดีเทอร์มิเนนท์ขนาด 10x10 ใช้สำหรับ $0.2<\beta<0.5$

1. ดีเทอร์มิเนนท์ขนาด 9x9

```
1  C      BUCKLING OF SHALLOW HYPAR SHELL, FOR 0.5<A/B<1.0
2         DIMENSION IB(1000,10),B(13,13),EY(10),XI(2)
3         COMMON IA(20)
4         I1=0
5         N=9
6  C      PERMUTATION 1,...9.
7         DO 8I=1,N
8       8 IA(I)=I
9         DO 81M9=1,9
10        DO 80M8=1,8
11        DO 70M7=1,7
12        DO 60M6=1,6
13        DO 50M5=1,5
14        DO 40M4=1,4
15        DO 30M3=1,3
16        DO 20M2=1,2
17        IX=0
18        L=N-1
19        DO 10I=1,L
20        J=I+1
21 C      FIND THE NUMBER OF INVERSION.
22        DO 10K=J,N
23        IF(IA(I)-IA(K))10,12,12
24     12 IX=IX+1
25     10 CONTINUE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
26          IY=IX/2
27          IF(IY*2-IX)14,16,16
28       14 IA(1)=-IA(1)
29       16 M=IABS(IA(1))
30          IF(M.EQ.2.OR.M.EQ.3.OR.M.EQ.6.OR.M.EQ.7.OR.M.EQ.8)GOTO 19
31          IF(IA(2).EQ.1.OR.IA(2).EQ.3.OR.IA(2).EQ.6.OR.IA(2).EQ.7.OR.
           &IA(2).EQ.8)GOTO 19
32          IF(IA(3).EQ.1.OR.IA(3).EQ.2.OR.IA(3).EQ.6.OR.IA(3).EQ.7.OR.
           &IA(3).EQ.8)GOTO 19
33          IF(IA(4).EQ.5.OR.IA(4).EQ.9.OR.IA(4).EQ.10)GOTO 19
34          IF(IA(5).EQ.4.OR.IA(5).EQ.9.OR.IA(5).EQ.10)GOTO 19
35          IF(IA(6).EQ.1.OR.IA(6).EQ.2.OR.IA(6).EQ.3.OR.IA(6).EQ.7.OR.
           &IA(6).EQ.8)GOTO 19
36          IF(IA(7).EQ.1.OR.IA(7).EQ.2.OR.IA(7).EQ.3.OR.IA(7).EQ.6.OR.
           &IA(7).EQ.8)GOTO 19
37          IF(IA(8).EQ.1.OR.IA(8).EQ.2.OR.IA(8).EQ.3.OR.IA(8).EQ.6.OR.
           &IA(8).EQ.7)GOTO 19
38          IF(IA(9).EQ.4.OR.IA(9).EQ.5.OR.IA(9).EQ.10)GOTO 19
39          I1=I1+1
40          DO 18L=1,N
41          IB(I1,L)=IA(L)
42       18 CONTINUE
43       19 IA(1)=IABS(IA(1))
44          CALL P(8)
45       20 CONTINUE
46          CALL P(7)
```

```
      30 CONTINUE
         CALL P(6)
      40 CONTINUE
         CALL P(5)
      50 CONTINUE
         CALL P(4)
      60 CONTINUE
         CALL P(3)
      70 CONTINUE
         CALL P(2)
      80 CONTINUE
         CALL P(1)
      81 CONTINUE
         I10=I1
C        DETERMINANT ORDER 13.
         CH=0.
         DO 700L1=1,101
         X=30.
         BETA=0.5
         DO 600L2=1,7
         E=5.
         N=13
         N3=E/2.
         DO 100I=1,N
         DO 100J=1,N
     100 B(I,J)=0.
```

I15823AX

```
      OI=1.
      I1=1
  101 I2=I1+N3
      OJ=1
      DO 106I=I1,I2
      OM=2.
      ON=2.
      N1=N3+2
  102 N2=N1+N3-1
      DO 103J=N1,N2
      B(I,J)=(16.*OI*OJ*OM*ON*((OM*OM+ON*ON*BETA*BETA)**2))/((OI*
     &OI-OM*OM)*(OJ*OJ-ON*ON))
  103 ON=ON+2
      OM=OM+2
      ON=2
      IF(OM-E)104,104,105
  104 N1=N2+N3+2
      GOTO 102
  105 OJ=OJ+2
  106 CONTINUE
      I1=I2+N3+1
      OI=OI+2.
      IF(OI-E)101,101,107
  107 OI=2.
      I1=N3+2
  108 I2=I1+N3-1
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      OJ=2
      DO 113I=I1,I2
      OM=1.
      ON=1.
      N1=1
  109 N2=N1+N3
      DO 110J=N1,N2
      B(I,J)=(16.*OI*OJ*OM*ON((OM*OM+ON*ON*BETA*BETA)**2))/((OI*OI
     &-OM*OM)*(OJ*OJ-ON*ON))
  110 ON=ON+2.
      OM=OM+2.
      ON=1.
      IF(OM-E)111,111,112
  111 N1=N2+N3+1
      GOTO 109
  112 OJ=OJ+2.
  113 CONTINUE
      I1=I2+N3+2
      OI=OI+2.
      IF(OI-E)108,108,114
  114 OI=1.
      OJ=1.
      DO 118I=1,N
      ALFA=46.92*CH*CH*BETA*BETA
      B(I,I)=97.40909*((OI*OI+OJ*OJ*BETA*BETA)**4)+ALFA*OI*OI*OJ*
     & OJ*BETA*BETA
```

```
      OJ=OJ+2.
      IF(OJ-E)118,118,115
  115 OI=OI+1.
      J1=OI
      J2=J1/2
      IF(J2*2-J1)116,117,117
  116 OJ=1.
      GOTO 118
  117 OJ=2.
  118 CONTINUE
      DO 119I=1,N
      DO 119J=1,N
  119 B(I,J)=B(I,J)/1000.
      DO 200I=1,10
  200 EY(I)=0.
      DO 260I=1,I10
      L=0
      EX=1.
      DO 220J=1,N
      K=IABS(IB(I,J))
      IF(K.EQ.J)GOTO 210
      L=L+1
  210 EX=EX*B(J,K)
  220 CONTINUE
      IF(IB(I,1))230,240,240
  230 EX=-EX
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      240 IF(L.EQ.0)GOTO 250
          EY(L)=EY(L)+EX
          GOTO 260
      250 EY(10)=EX+EY(10)
      260 CONTINUE
          DO 270I=1,10
      270 EY(I)=EY(I)/EY(10)
C         FIND ROOT OF EQUATION BY NEWTON'S ITERATION.
          DO 320K=1,10000
          FX=0.
          DFX=0.
          DO 280I=1,N
          AX=I
          FX=FX+EY(I)*X**I
          DFX=DFX+AX*EY(I)*X**(I-1)
      280 CONTINUE
          FX=FX+EY(10)
          IF(FX)300,360,300
      300 IF(DFX)310,340,310
      310 XNEW=X-FX/DFX
          IF(XNEW-X)320,360,320
      320 X=XNEW
C         NO ANSWER AFTER 10000 LOOP.
C         USE BISECTION METHOD TO FIND ROOT OF EQUATION.
          XL=X-10.
          XR=X+10.
```

```
174          DO 516II=1,10000
175          XM=(XL+XR)/2.
176          X=XM
177          DO 509LL=1,2
178          FX=0.
179          DO 501I=1,N
180          FX=FX+EY(I)*X**I
181      501 CONTINUE
182          XI(LL)=FX+EY(10)
183          X=XL
184      509 CONTINUE
185          IF(XI(1)*XI(2))510,511,512
186      510 XR=XM
187          GOTO 513
188      511 XR=XM
189      512 XL=XM
190      513 IF(XL-XR)516,360,516
191      516 CONTINUE
192          WRITE(3,330)CH,BETA,X
193      330 FORMAT('C/H=',F5.0,10X,'A/B=',F5.3,10X,'LOAD=',F15.5,'NO ANS
            &WER')
194          GOTO 600
195      340 WRITE(3,350)CH,BETA,X
196      350 FORMAT('C/H=',F5.0,10X,'A/B=',F5.3,10X,'LOAD=',F15.5,'DFX=0'
            &,'NO ANSWER')
197      360 WRITE(3,390)CH,BETA,X
```

```
198      390 FORMAT('C/E=',F5.0,10X,'A/B=',F5.3,10X,'LOAD=',F15.5)
199      600 BETA=BETA+0.1
200      700 CH=CH+1.
201          STOP
202          END

203  C       SUBROUTINE FOR PERMUTATION.
204          SUBROUTINE P(J)
205          COMMON IA(20)
206          N=9
207          MX=IA(J)
208          DO 200I=J,N
209          IF(I.EQ.N)GOTO 118
210          IA(I)=IA(I+1)
211          GOTO 200
212      118 IA(I)=MX
213      200 CONTINUE
214          RETURN
215          END
```

2. ดีเทอร์มิเนนท์ขนาด 10x10

2.1 เฉพาะส่วนที่จัดเปอร์มูเตชั่นลงเทป

```
  1  C       PERMUTATION FOR DETERMINANT ORDER 10.
  2          DIMENSION IB(2000,10)
  3          COMMON IA(20)
  4          DATA I1,N,A/0,10,0./
```

```
      DO 8I=1,N
    8 IA(I)=I
      DO 82M10=1,10
      DO 81M9=1,9
      DO 80M8=1,8
      DO 70M7=1,7
      DO 60M6=1,6
      DO 50M5=1,5
      DO 40M4=1,4
      DO 30M3=1,3
      DO 20M2=1,2
      IX=0
      L=N-1
      DO 10I=1,L
      J=I+1
      DO 10K=J,N
      IF(IA(I)-IA(K))10,12,12
   12 IX=IX+1
   10 CONTINUE
      IY=IX/2
      IF(IY/2-IX)14,16,16
   14 IA(1)=-IA(1)
   16 M=IABS(IA(1))
      IF(M.EQ.2.OR.M.EQ.3.OR.M.EQ.6.OR.M.EQ.7.OR.M.EQ.8)GOTO 19
      IF(IA(2).EQ.1.OR.IA(2).EQ.3.OR.IA(2).EQ.6.OR.IA(2).EQ.7.OR.
     &IA(2).EQ.8)GOTO 19
```

```
30        IF(IA(3).EQ.1.OR.IA(3).EQ.2.OR.IA(3).EQ.6.OR.IA(3).EQ.7.OR.
         &IA(3).EQ.8)GOTO 19
31        IF(IA(4).EQ.5.OR.IA(4).EQ.9.OR.IA(4).EQ.10)GOTO 19
32        IF(IA(5).EQ.4.OR.IA(5).EQ.9.OR.IA(5).EQ.10)GOTO 19
33        IF(IA(6).EQ.1.OR.IA(6).EQ.2.OR.IA(6).EQ.3.OR.IA(6).EQ.7.OR.
         &IA(6).EQ.8)GOTO 19
34        IF(IA(7).EQ.1.OR.IA(7).EQ.2.OR.IA(7).EQ.3.OR.IA(7).EQ.6.OR.
         &IA(7).EQ.8)GOTO 19
35        IF(IA(8).EQ.1.OR.IA(8).EQ.2.OR.IA(8).EQ.3.OR.IA(8).EQ.6.OR.
         &IA(8).EQ.7)GOTO 19
36        IF(IA(9).EQ.4.OR.IA(9).EQ.5.OR.IA(9).EQ.10)GOTO 19
37        IF(IA(10).EQ.4.OR.IA(10).EQ.5.OR.IA(10).EQ.9)GOTO 19
38        A=A+1.
39        I1=I1+1.
40        DO 18L=1,N
41        IB(I1,L)=IA(L)
42      18 CONTINUE
43        IF(I1.EQ.1400)GOTO 17
44        GOTO 19
45      17 WRITE(11,13)((IB(I,J),J=1,10),I=1,I1)
46      13 FORMAT(8(10I3))
47        I1=0
48      19 IA(1)=IABS(IA(1))
49        CALL P(9)
50      20 CONTINUE
51        CALL P(8)
```

```
52        30 CONTINUE
53           CALL P(7)
54        40 CONTINUE
55           CALL P(6)
56        50 CONTINUE
57           CALL P(5)
58        60 CONTINUE
59           CALL P(4)
60        70 CONTINUE
61           CALL P(3)
62        80 CONTINUE
63           CALL P(2)
64        81 CONTINUE
65           CALL P(1)
66        82 CONTINUE
67           IF(I1.EQ.1400)GOTO 90
68           WRITE(11,91)((IB(I,J),J=1,10)I=1,I1)
69        91 FORMAT(8(10I3))
70        90 WRITE(3,100) A
71       100 FORMAT('NUMBER OF PERMUTATION FOR THIS DETERMINANT ARE',F10.
             &0)
72           END FILE 11
73           REWIND 11
74           STOP
75           END
```

```
      SUBROUTINE P(J)
      COMMON IA(20)
      N=10
      MX=IA(J)
      DO 200I=J,N
      IF(I.EQ.N)GOTO 118
      IA(I)=IA(I+1)
      GOTO 200
  118 IA(I)=MX
  200 CONTINUE
      RETURN
      END
```

2.2. ส่วนคำนวณค่า buckling parameter โดยอ่านค่า permutation จากเทป

```
C     DETERMINANT ORDER 13.
      DIMENSION B(13,13),EY(20),XY(300,20),IB(5000,10),XI(2)
      I10=5000
      N5=3
      DO 5I=1,300
      DO 5J=1,20
    5 XY(I,J)=0.
      DO 264L3=1,N5
      IF(L3.EQ.N5)I10=1905
C     READ PERMUTATION FROM TAP.
      READ(11,10,END=15)((IB(I,J),J=1,10),I=1,I10)
   10 FORMAT(8(10I3))
```

```
      GOTO 16
   15 REWIND 11
   16 CH=0.
      L4=0
      DO 263L1=1,101
      BETA=0.2
      DO 262L2=1,4
      L4=L4+1
      E=5.
      N=13
      N3=E/2.
      DO 100I=1,N
      DO 100J=1,N
  100 B(I,J)=0.
      OI=1.
      I1=1
  101 I2=I1+N3
      OJ=1.
      DO 106I=I1,I2
      OM=2.
      ON=2.
      N1=N3+2
  102 N2=N1+N3-1
      DO 103J=N1,N2
      B(I,J)=(16.*OI*OJ*OM*ON*((OM*OM+ON*ON*BETA*BETA)**2))/((OI*
     &OI-OM*OM)*(OJ*OJ-ON*ON))
```

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      103 ON=ON+2.
          OM=OM+2.
          ON=2.
          IF(OM-E)104,104,105
      104 N1=N2+N3+2
          GOTO 102
      105 OJ=OJ+2.
      106 CONTINUE
          I1=I2+N3+1
          OI=OI+2.
          IF(OI-E)101,101,107
      107 OI=2.
          I1=N3+2
      108 I2=I1+N3-1
          OJ=2.
          DO 113J=I1,I2
          OM=1.
          ON=1.
          N1=1
      109 N2=N1+N3
          DO 110J=N1,N2
          E(I,J)=(16.*OI*OJ*OM*ON*((OM*OM+ON*ON*BETA*BETA)**2))/((OI*
         &OI-OM*OM)*(OJ*OJ-ON*ON))
      110 ON=ON+2.
          OM=OM+2.
          ON=1.
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      IF(OI-E)111,111,112
  111 N1=N2+N3+1
      GOTO 109
  112 OJ=OJ+2.
  113 CONTINUE
      I1=I2+N3+2
      OI=OI+2.
      IF(OI-E)108,108,114
  114 OI=1.
      OJ=1.
      DO 118I=1,N
      ALFA=46.92*CH*CH*BETA*BETA
      B(I,I)=97.40909*((OI*OI+OJ*OJ*BETA*BETA)**4)+ALFA*OI*OI*OJ*
     &OJ*BETA*BETA
      OJ=OJ+2.
      IF(OJ-E)118,118,115
  115 OI=OI+1.
      J1=OI
      J2=J1/2
      IF(J2*2-J1)116,117,117
  116 OJ=1.
      GOTO 118
  117 OJ=2.
  118 CONTINUE
      DO 119I=1,N
      DO 119J=1,N
```

```
      119 B(I,J)=B(I,J)/1000.
          N=10
          DO 200I=1,20
      200 EY(I)=0.
          IF(L3.EQ.N5)I10=1905
          DO 260I=1,I10
          L=0
          EX=1.
          DO 220J=1,N
          K=IABS(IB(I,J))
          IF(K.EQ,J)GOTO 210
          L=L+1
      210 EX=EX*B(J,K)
      220 CONTINUE
          IF(IB(I,1))230,240,240
      230 EX=-EX
      240 IF(L.EQ.0)GOTO 250
          EY(L)=EY(L)+EX
          GOTO 260
      250 EY(20)=EX+EY(20)
      260 CONTINUE
          DO 261I=1,20
      261 XY(L4,I)=EY(I)+XY(L4,I)
      262 BETA=BETA+ 0.1
      263 CH=CH+1.
      264 CONTINUE
```

```
      L4=0
      CH=0.
      DO 700L1=1,101
      X=20.
      BETA=0.2
      DO 600L2=1,4
      L4=L4+1
      DO 270I=1,20
  270 EY(I)=XY(L4,I)/XY(L4,20)
C     FIND ROOT OF EQUATION BY NEWTON'S ITERATION.
      DO 320K=1,10000
      FX=0.
      DFX=0.
      DO 280I=1,N
      AX=I
      FX=FX+EY(I)*X**I
      DFX=DFX+AX*EY(I)*X**(I-1)
  280 CONTINUE
      FX=FX+EY(20)
      IF(FX) 300,360,300
  300 IF(DFX) 310,340,310
  310 XNEW=X-FX/DFX
      IF(XNEW-X) 320,360,320
  320 X=XNEW
C     IF NO ANSWER AFTER 10000 LOOPS USE BISECTION METHOD.
      XL=X-10.
```

```
140          XR=X+10.
141          DO 516I1=1,10000
142          XM=(XL+XR)/2.
143          X=XM
144          DO 509LL=1,2
145          FX=0.
146          DO 501I=1,N
147          FX=FX+EY(I)*X**I
148      501 CONTINUE
149          XI(LL)=FX+EY(20)
150          X=XL
151      509 CONTINUE
152          IF(XI(1)*XI(2))510,511,512
153      510 XR=XM
154          GOTO 513
155      511 XR=XM
156      512 XL=XM
157      513 IF(XL-XR)516,360,516
158      516 CONTINUE
159          WRITE(3,330)CH,BETA,X
160      330 FORMAT('C/H=',F5.0,10X,'A/B=',F5.3,10X,'LOAD=',F15.5,'NO ANS
            &WER')
161          GOTO 600
162      340 WRITE(3,350)CH,BETA,X
163      350 FORMAT('C/H=',F5.0,10X,'A/B=',F5.3,10X,'LOAD=',F15.5,'DFX=0
            &NO ANSWER')
```

```
164          GOTO 600
165      360 WRITE(3,390)CH,BETA,X
166      390 FORMAT('C/H=',F5.0,10X,'A/B=',F5.3,10X,'LOAD=',F15.5)
167      600 BETA=BETA+0.1
168      700 CH=CH+1.
169          STOP
170          END
```

สำหรับการป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรมจะทำเฉพาะในหัวข้อที่ 2.2 เท่านั้นโดยใช้ข้อมูลที่ป้อนเข้าจากเทปที่จัด permutation ไว้แล้วเป็นข้อมูลที่ป้อนเข้า ส่วนโปรแกรมในหัวข้อที่ 1. ไม่ต้องป้อนข้อมูลเพราะค่าคงที่ต่างๆ ได้ใส่ไว้ในโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นายธนู ฉุยฉาย

วุฒิการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเครื่องกล

จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตพระนครเหนือ

ปีที่สำเร็จ พ.ศ. 2521

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย